



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TESTIKONFIGURAATTORIN KEHITTÄMINEN

Hydroline Oy

TEKIJÄ: Jarkko Nevalainen

Koulutusala			
Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma			
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t)			
Jarkko Nevalainen			
Työn nimi			
Testikonfiguraattorin kehittäminen			
Päiväys	5.12.2014	Sivumäärä/Liitteet	30+4
Ohjaaja(t)			
TKI-asiantuntija Kai Kärkkäinen ja yliopettaja Esa Hietikko			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)			
Hydroline Oy			
Tiivistelmä			
Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää Hydroline Oy:n nimikkeistön soveltuvuus konfiguroitavaksi v-matriisipohjaisella konfiguraattorilla osana Savonian Palkeet-hanketta. Tavoitteina oli saada aikaan konfiguraattorin testiversio ja näkemys Hydroline Oy:n nimikkeistön soveltuvuudesta v-matriisipohjaiseen konfiguraattoriin. Työn suoritus alkoi perehtymällä Hydroline Oy:n tuotteisiin ja konfiguraattorin esimerkkiversioon. Esimerkki sisälsi v-matriisin ja käyttöliittymän, joiden avulla pystyi kokeilemaan v-matriisin säännöstön tekoa ja sen vaikutusta konfiguraattorin toimintaan. Konfiguraattorin kehitys alkoi selvittämällä konfiguraattorille asetettavat vaatimukset ja rajamalla siihen syötettävä testisarja. Seuraavaksi testisarja lisättiin konfiguraattorin v-matriisiin ja konfiguraattoriin lisättiin tarvittavat ominaisuusvalikot, jonka jälkeen voitiin luoda konfiguraatiosäännöstö. Työn tuloksena saatiin toimiva Excel-pohjainen v-matriisiin perustuva testikonfiguraattori ja näkemys Hydroline Oy:n nimikkeistön toimivuudesta v-matriisipohjaisessa konfiguraattorissa. Konfiguraattorin testiversiota voidaan käyttää tulevaisuudessa pohjana tai esimerkkinä suurempaa ja kattavampaa konfiguraattoria luodessa.			
Avainsanat			
konfigurointi, konfiguraattori, massaräätelöinti, Hydroline Oy			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jarkko Nevalainen			
Title of Thesis Development of the test configurator			
Date	5.12.2014	Pages/Appendices	30+4
Supervisor(s) Mr Kai Kärkkäinen, RDI-advisor and Mr Esa Hietikko, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Hydroline Oy			
Abstract The aim of this final year project was to research the suitability of the items used by Hydroline Oy to be configured with a v-matrix based configurator as part of Palkeet-project managed by Savonia University of Applied Sciences. The purpose was to create a demo version of the configurator and have an opinion about the suitability of the items used by Hydroline Oy for a v-matrix based configurator. The work was started by studying the products of Hydroline Oy and a sample configurator. The sample configurator contained a v-matrix and a user interface which enabled experimenting with v-matrix rules and their effects on the user interface. Then, the configurator was developed by investigating the requirements of the configurator and by defining the test series of the items to be added in the configurator. Next, the test series of the items were added in the v-matrix of the configurator and feature selections were made. After that the rules of the v-matrix could be done. As a result of the project there was a working test configurator based on v-matrix in an Excel file and an estimation on the suitability of the items used by Hydroline Oy for a v-matrix based configurator. The test version of the configurator can be used as a base or a sample when making a bigger or more inclusive configurator in the future.			
Keywords configuration, configurator, Hydroline Oy, mass customization			
Public			

ESIPUHE

Kiitän TKI-asiantuntija Kai Kärkkäistä ja yliopettaja Esa Hietikkaa saamastani ohjauksesta. Lisäksi tahdon kiittää Hydroline Oy:n suunnitteluosastoa sekä Palkeet-hankkeessa mukana ollutta Antti Alostaa.

Kiitoksen ansaitsee myös avopuolisoni Katri Juntunen.

Kuopiossa 5.12.2014

Jarkko Nevalainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	HYDROLINE OY	7
2.1	Palkeet-hanke	8
3	MASSARÄÄTÄLÖINTI, KONFIGUROINTI JA MODULOINTI	9
3.1	Massaräätälöinti	9
3.1.1	Massaräätälöinnin toteutustavat	9
3.1.2	Räätälöintivaiheen sijoitus	10
3.2	Konfigurointi	10
3.2.1	Konfigurointimalli	11
3.2.2	Konfiguraattorit	12
3.2.3	V-matriisi säännösten pohjana	15
3.3	Modulointi	15
3.3.1	Muita moduloinnilla saavutettavia hyötyjä	16
4	HYDRAULISYLINTERIT	17
4.1	Kaksitoimisen hydraulisylinterin rakenne	17
4.2	Hydraulisylinterin suunnittelu	18
5	TYÖN KULKU	19
5.1	Lähtötilanne	19
5.2	Moduulien ja niiden ominaisuuksien selvitys	20
5.2.1	Testisarja	20
5.2.2	Moduulien väliset rajapinnat ja rajoitukset	22
5.3	Konfiguraattorin kehitys	22
5.3.1	Ominaisuusvalinnat	23
5.3.2	Säännöstö	24
5.3.3	Käyttöliittymässä näkyvä informaatio	26
6	TULOKSET JA JATKOKEHITYSIDEAT	27
6.1	Jatkokehitysideoita	27
7	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET	30
	LIITE 1: MODUULIEN JA ENSIMMÄISTEN OMINAISUUSVALINTOJEN RIIPPUVAISUUDET	31
	LIITE 2: SÄÄNNÖSTÖN TOIMINTAA HAVAINNOLLISTAVA KUVA 1	32
	LIITE 3: SÄÄNNÖSTÖN TOIMINTAA HAVAINNOLLISTAVA KUVA 2	33
	LIITE 4: KONFIGURAATTORIIN SYÖTETYT MODUULIT JA OMINAISUUSVALINNAT	34

1 JOHDANTO

Maaailmanlaajuinen kilpailu teollisuudessa on johtanut tuotannon siirtymiseen maihin, joissa on pienet valmistuskustannukset. Suomalaisten yritysten on vaikea kilpailla halpatuotantomaissa sijaitsevien yritysten kanssa, joten kilpailuetuja haetaan korkeasta osaamisesta ja asiakaslähtöisyydestä. Asiakaslähtöisyys vaatii joustavuutta ja kykyä tuottaa räätälöityjä ratkaisuja asiakkaan tarpeiden mukaan.

Asiakkaan vaatimuksiin vastaaminen ja samalla liiketoiminnan pitäminen kannattavana on haastavaa. Tähän tarjoaa ratkaisuja massaräätälöinti. Massaräätälöinti on toimintatapa, jonka avulla pyritään tuottamaan mahdollisimman pitkälle räätälöityjä tuotteita säilyttäen samalla kustannustehokkuus ja nopeat toimitusajat. Asiakkaan vaatimusten mukainen tuote voidaan saada aikaan konfiguroimalla, eli yhdistelemällä keskenään vaihtokelpoisia moduuleja. Konfiguroinnin helpottamiseksi on olemassa tietokoneella käytettäviä konfiguraattoriohjelmia.

Hydroline Oy tarjoaa asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä hydraulisylinterimalleja. Asiakkaiden tilaamat hydraulisylinterimallit täytyy suunnitella monesti erikseen, mikä aiheuttaa lisää kustannuksia ja venyttää toimitusaikaa. Hydroline Oy on etsinyt asiaan ratkaisua Savonia-ammattikorkeakoulun kanssa Palkeet-hankkeen yhteydessä. Tämän opinnäytetyön aiheena on testata Hydroline Oy:n tuotteiden konfiguroitavuutta v-matriisiin perustuvalla konfiguraattorilla osana Palkeet-hanketta.

Opinnäytetyön tavoitteena on ensiksi perehtyä Hydroline Oy:n nykytilanteeseen ja selvittää, millaisiin tarpeisiin konfiguraattorin tulisi vastata. Seuraavaksi täytyy suunnitella konfiguraattorin ominaisuudet ja rajata siihen syötettävät testinimikkeet. Testinimikkeiden ja konfiguraattorin ominaisuuksien selvittämisen jälkeen voidaan luoda konfiguraatiosäännöstö, jonka jälkeen konfiguraattorin toimintaa voidaan testata ja tehdä siihen muutoksia tarvittaessa. Työn tavoitteena on saada aikaan toimiva testikonfiguraattori ja näkemys Hydroline Oy:n valmiudesta paremman ja kattavamman konfiguraattorin käyttöönottoon.

2 HYDROLINE OY

Hydroline Oy on Suomen suurin hydraulikkasyntereitä valmistava yritys ja se sijaitsee Siilinjärvellä Vuorelassa. Yrityksen perusti Helge Laakkonen vuonna 1962. Aluksi yritys toimi yhden työntekijän metallisorvaamona, mutta 1970-luvulla työntekijöitä oli noin 10 henkilöä. Yritys muutti nykyiseen toimipaikkaansa 1980-luvulla ja samalla toimitusjohtajaksi nimitettiin Pekka Laakkonen. Yrityksen nimeksi vaihdettiin 1990-luvulla Hydroline Oy ja samalla alettiin keskittyä pelkästään hydraulisynterien valmistukseen. 2000-luvulla Hydroline kasvoi huomasti ja siitä tuli suomen suurin hydraulisynterivalmistaja. Nykyään toimitusjohtajana toimii Mikko Laakkonen ja työntekijöitä on noin 200 henkilöä. Vuonna 2013 yritys valmisti yli 100 000 hydraulisynteriä ja liikevaihto oli noin 30 miljoonaa euroa. (Hydroline Oy 2014. a.)



KUVA 1. Hydroline Oy:n tuotantotilat. (Fira Oy 2014.)

Hydroline Oy valmistaa hydraulisyntereitä isoille kone- ja laitevalmistajille. Suurin osa hydraulisyntereistä valmistetaan esimerkiksi ajoneuvoihin, työkoneisiin, nostolaitteisiin, traktoreihin ja metsäkoneisiin. Asiakkaita ovat mm. Normet, Valtra, John Deere, Sandvik ja Cargotec. Nykyään tuotannossa on yli 1500 synterimallia.

Hydroline Oy on yksi alan kehittyneimmistä toimijoista kansainvälisellä tasolla. Nykyään Hydroline Oy:llä on tuotantolaitos myös Puolassa ja Aasian markkinoihin keskittyvä toimipiste Kiinassa. Yrityksen tavoitteena on laajentua entisestään ja kehittää Hydroline-brändiä ja toimintaa eri markkina-alueilla. (Hydroline Oy 2014. a.)

2.1 Palkeet-hanke

Palkeet-hanke, eli ”palveluliiketoiminnan kehittäminen konepajan toimintaympäristössä”, on Savonia-ammattikorkeakoulun hallinnoima rakennerahastorahoitteinen(ESR) hanke, jossa jatketaan LEKA-hankkeessa alkanutta palveluliiketoiminnan tutkimus- ja kehitystyötä yhdessä lähialueen yritysten kanssa. Palkeet-hankkeen tavoitteena on tukea alueen teknologiateollisuuden kilpailukykyä kehittämällä yritysten palveluliiketoimintaa. Tarkoitus on kehittää yritysten palveluorganisaatioita ja luoda palveluportfoliot sekä mallit näiden ylläpitoon hallintaan ja kehittämiseen. Lisäksi portfolioon kehitetään uusia palvelutuotteita ja kartoitetaan sähköisen palveluliiketoiminnan mahdollisuuksia. (Hankeaika.)

3 MASSARÄÄTÄLÖINTI, KONFIGUROINTI JA MODULOINTI

3.1 Massaräätälöinti

Massaräätälöinti on toimintatapa, jonka avulla pyritään tuottamaan tuotteita mahdollisimman monien asiakkaiden tarpeisiin säilyttäen samalla kustannustehokkuus ja nopeat toimitusajat. Massaräätälöinnissä yhdistyy siis sekä massatuotannon että yksittäistuotannon hyvät puolet. (Soronen 1999, 7.)

Massaräätälöinnin hyödyntäminen on Suomessa hyvin tärkeää, koska globaali kaupankäynti suosii halpatuotantomaita. Suomalaisilla yrityksillä on teknologisen osaamisen puolesta hyvät lähtökohdat hyödyntää massaräätälöintiä. Suomessa valmistettavat tuotteet on mahdollista tuottaa toimitusajaltaan, laadultaan ja hinnaltaan kilpailukykyisiksi käyttämällä apuna massaräätälöintiä. (Ahonniemi, Mertanen, Mäkipää, Sievänen, Suomala ja Ruohonen 2007, 17.)

3.1.1 Massaräätälöinnin toteutustavat

Massaräätälöinnin toteutuksessa käytetään vakioitua ratkaisukenttää, jonka avulla pystytään vastaamaan useisiin asiakastarpeisiin. Ratkaisukenttää kehitettäessä täytyy selvittää, millaisella tuotteiden variaatioilla on asiakkaille merkitystä, voidaanko variaointi toteuttaa kannattavasti ja mitä asiakastarpeita ei edes yritetä toteuttaa. (Ahonniemi ym. 2007, 23.)

Massaräätälöintiä voidaan toteuttaa monissa eri vaiheissa. Massaräätälöinnin käyttöönotto edellyttää toimenpiteitä tuotteen suunnitteluvaiheessa, tuotantovaiheessa ja yrityksen johtamisessa. Suunnitteluvaiheessa voidaan asiakaslähtöisyyden lisäksi vaikuttaa tuoterakenteisiin siten, että voidaan tuottaa useita tuotevariaatioita mahdollisimman tehokkaalla tuotantojärjestelmien käytöllä. Tuotannossa pyritään vakioimaan prosesseja jättäen tuotanto kuitenkin sen verran joustavaksi, että asiakaskohdaksiin ratkaisuihin voidaan päästä. Esimerkiksi massatuotanto ei jousta, joten lopputuloksena on täysin samanlainen tuote jokaiselle asiakkaalle. (Sarinko 1999, 13-14.)

Massaräätälöintiin voidaan siirtyä massatuotannosta tai yksittäistuotannosta. Massatuotannosta massaräätälöintiin siirtyminen vaatii vakioitujen tuotantoprosessien muuntamista joustavimmiksi, koska varioitavaa lopputuotetta ei voida välttämättä valmistaa samoilla tuotantojärjestelmillä. Yksittäistuotannosta massaräätälöintiin siirtyminen vaatii päinvastaisesti toimintatapojen vakiointia, jotta toiminta olisi nopeaa ja päästäisiin hyötymään sarjavalmistuksen eduista tuotannon eri vaiheissa. (Ahonniemi ym. 2007, 26.)

Läpimenoaika on pyrittävä minimoimaan suunnitteluvaiheessa, tuotantovaiheessa ja myyntivaiheessa. Läpimenoajan minimointi nopeuttaa tuotteen toimitusaikaa, jolloin massaräätälöity tuote saa kilpailuetua yksittäistuotettuun tuotteeseen verrattuna. (Sarinko 1993, 14.)

3.1.2 Räättälöintivaiheen sijoitus

Massaräättälöinnissä tuotteita pyritään räätälöimään asiakaskohtaisiksi, jolloin asiakas saa haluamansa tuotteen. Tuotteen rakentamiseen käytetään kuitenkin sarjavalmistettavia komponentteja ja moduuleja. Sarjavalmistettavat komponentit ja moduulit valmistetaan imuohjautuvasti pieniin puskurivarastoihin, joista asiakaskohtaiseen tilaukseen vaaditut komponentit otetaan jatkojalostusta varten. Asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöinti tapahtuu siis vasta puskurivaraston jälkeen, jolloin saadaan yhdistymään sarjatuotanto ja räätälöinti. Puskurivarastoja voi olla monissa eri vaiheissa, mutta räätälöintivaiheen olisi parasta sijoittaa mahdollisimman myöhäiseen vaiheeseen. Tällöin prosessi toimii mahdollisimman muuttumattomana räätälöintiin asti, jolloin voidaan hyötyä tuotannon standardisoinnista ja pienemmistä asetusjoista yms. Näin saadaan tilaus-toimitusprosessi nopeammaksi ja moduulien laatu paremmaksi. (Soronen 1999, 8-9.)

Tuotanto ja käytettävät komponentit ovat ennen räätälöintivaihetta pitkälle standardoituja. Räätälöinti voidaan aloittaa vasta, kun asiakkaalta on saatu tilaus, jonka mukaiseksi tuote valmistetaan. Tilauspisteessä tiedetään asiakkaan vaatimukset ja tuote voidaan esimerkiksi maalata halutun väriksi. Tilaus voidaan ottaa huomioon koko toimitusketjun alkupäässä, jolloin tuote suunnitellaan alusta asti tilauskohtaisesti tai tilaus voidaan ottaa huomioon vasta toimitusketjun loppupäässä, jolloin tuotetta valmistetaan sarjatuotantona varastoon. Massaräättälöinnissä tilauspiste sijoittuu näiden kahden vaihtoehdon väliin. Tilauspisteen siirtäminen mahdollisimman myöhäiseen vaiheeseen nopeuttaa tuotteen toimitusta ja parantaa tuotannon tehokkuutta. Siirtämällä tilauspistettä aikaisemmaksi voidaan taas parantaa tuotteen muunneltavuutta. Massaräättälöinnissä tilauspisteen sijoituspaikka on tyypillisesti kokoonpanovaihe, jolloin puskurivarastosta saatavien esivalmistettujen komponenttien ja moduulien valmistamisaika ei venytä lopputuotteen toimitusaikaa. (Halme 2012, 6-11; Soronen 1999, 22.)

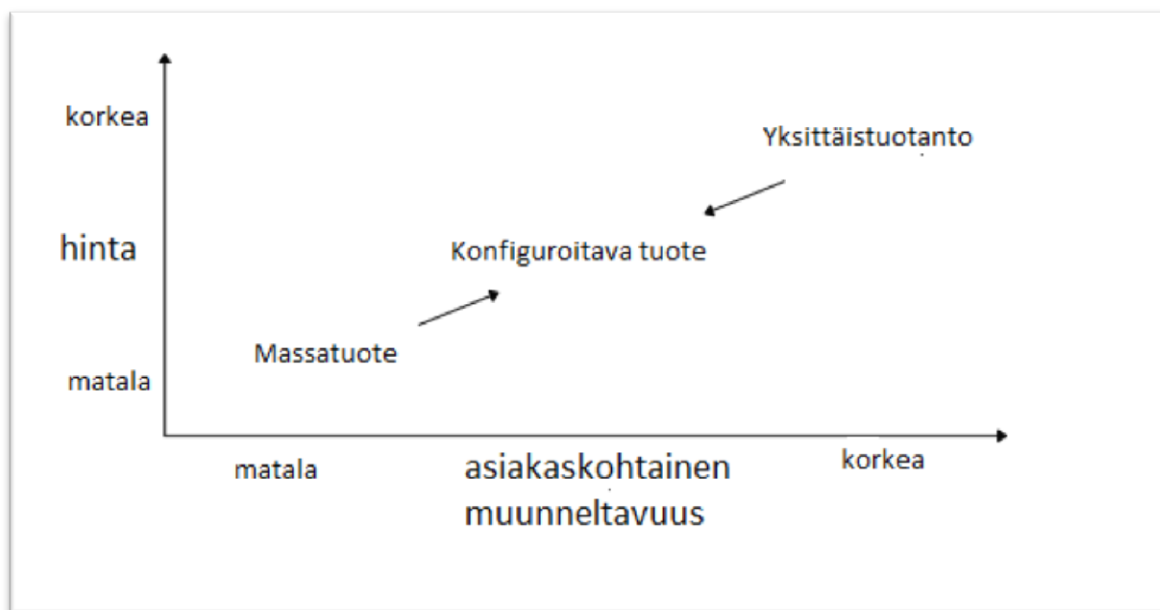
Räätälöintivaihe voidaan toteuttaa myöhäisimmillään vasta jälleenmyyjällä tai ulkomaisessa toimipisteessä, josta paikallinen asiakas saa haluamansa tuotteen nopeasti käyttöönsä. Tällöin moduulien tai lähes valmiiden tuotteiden puskurivarasto voidaan sijoittaa mahdollisimman lähelle asiakasta, jolloin tuotteen toimitusaika lyhenee merkittävästi. (Halme 2012, 15; Soronen 1999, 11.)

Kokoonpanoa edeltävässä tilaustapahtumassa määritellään asiakkaan haluamat ominaisuudet tai toiminnallisuudet, joiden perusteella lopputuotteessa käytettävät moduulit määräytyvät. Tilauksen yhteydessä suoritetaan siis konfigurointi.

3.2 Konfigurointi

Konfigurointi on yksi tapa toteuttaa massaräättälöinnissä tavoiteltavaa asiakaslähtöisyyttä. Konfiguroinnilla tarkoitetaan keskenään yhteensopivien komponenttien ja moduulien yhdistelyä, siten, että valmis tuote sisältää sille halutut ominaisuudet tai toiminnot, eli se vastaa asiakkaan tarpeita. Konfiguroitavuus edellyttää modulaarista tuoterakennetta. (Tiihonen & Soininen 1997, 3-4.)

Konfiguroitavan tuotteen tarjoaminen on hyvä kompromissi massatuotetun ja yksittäistuotetun tuotteen välillä. Konfiguroidun tuotteen hinta ja räätälöintiaste asettuvat massatuotetun ja yksittäistuotetun tuotteen väliin. Kuva 2 havainnollistaa tilannetta.



KUVA 2 Konfiguroinnin vaikutus tuotteen hintaan ja räätälöintiasteeseen. (Tiihonen & Soininen 1997, 11.)

3.2.1 Konfigurointimalli

Konfiguroitavaa tuotetta kehitettäessä tuotteelle ei voida luoda tiettyä osaluetteloa, kuten massa-tuotteelle, koska lopputuotteessa käytettävät moduulit määräytyvät vasta tilauksen yhteydessä. Konfiguroitavalle tuotteelle laaditaan sen sijaan konfigurointimalli, joka määrittää tuotteen perus-ominaisuudet ja niiden variointimahdollisuudet. Konfigurointimallia käytetään tilauksen yhteydessä tuotevarioinnissa. Samalle tuotteelle voidaan laatia useita erilaisia konfigurointimalleja, jolloin konfigurointiprosessin eri vaiheissa voidaan käyttää tarkoitukseen soveltuvaa versiota. Esimerkiksi myyjän käyttämän konfigurointimallin ei tarvitse sisältää yhtä tarkkaa teknistä tietoa kuin suunnittelijan käyttämän. Konfigurointimalli sisältää konfiguroitavaan tuotteeseen liittyvää tietoa, kuten yhdisteltävissä olevien komponenttien ja moduulien määrän, niiden väliset rajaukset ja riippuvaisuudet, tai niihin liittyvät ominaisuudet ja toiminnallisuudet. (Tiihonen & Soininen 1997, 4-6.)

Konfiguroitavan tuotteen suunnittelussa täytyy selvittää, mitä asiakastoiveita on järkevää toteuttaa. Jos tuotteen yksittäiselle ominaisuudelle on vain vähän tarvetta tai sen toteuttaminen ei onnistu kohtuuhintaisesti käytettävissä olevilla tuotantojärjestelmillä, ei sitä kannata lisätä konfigurointimalliin laisinkaan. (Ahonniemi ym. 2007, 41-42.)

Konfiguroinnissa käytettäviä varioitavia moduuleja voi olla siis liikaa. Yksittäisten komponenttien hinnat nousevat, jos niiden kulutus laskee vaihtoehtoisten komponenttien takia. Suunnittelulla voidaan vaikuttaa komponenttien yleiskäyttöisyyteen ja saada yksi komponentti sopimaan useampaan

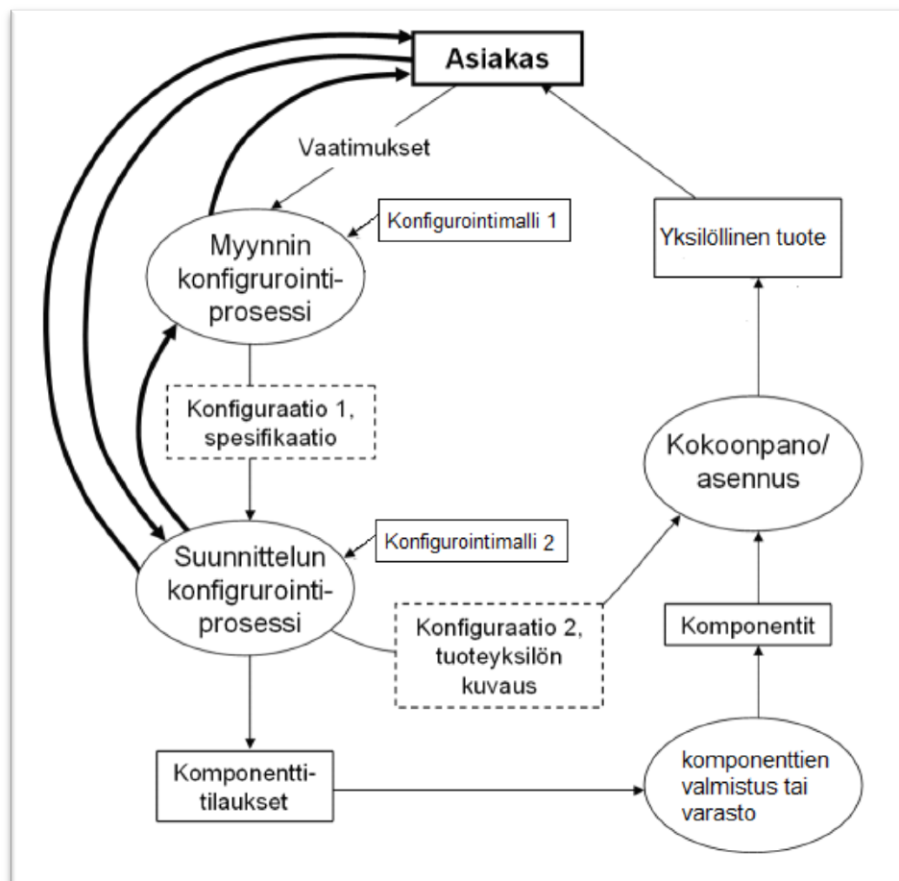
eri tarpeeseen. Liian suuri tuotevariaatioiden lukumäärä aiheuttaa ongelmia niiden hallinnassa, esimerkiksi välivarastojen koko kasvaa ja pääoman kierto nopeus hidastuu. (Ahonniemi ym. 2007, 42, 52-53.)

Konfiguraatioiden suunnittelu voi olla haastavaa, koska moduulien ominaisuuksien tarkastelu, rajapintojen vertailu ja muiden rajoitusten selvittäminen voi vaatia liikaa teknistä tietämystä esimerkiksi myyjältä tai asiakkaalta. Tästä syystä on kehitetty konfigurointiohjelmia, jotka määrittävät tarvittavan moduulikombinaation pelkästään käyttäjän ominaisuusvalintojen perusteella. (Ahonniemi ym. 2007, 76.)

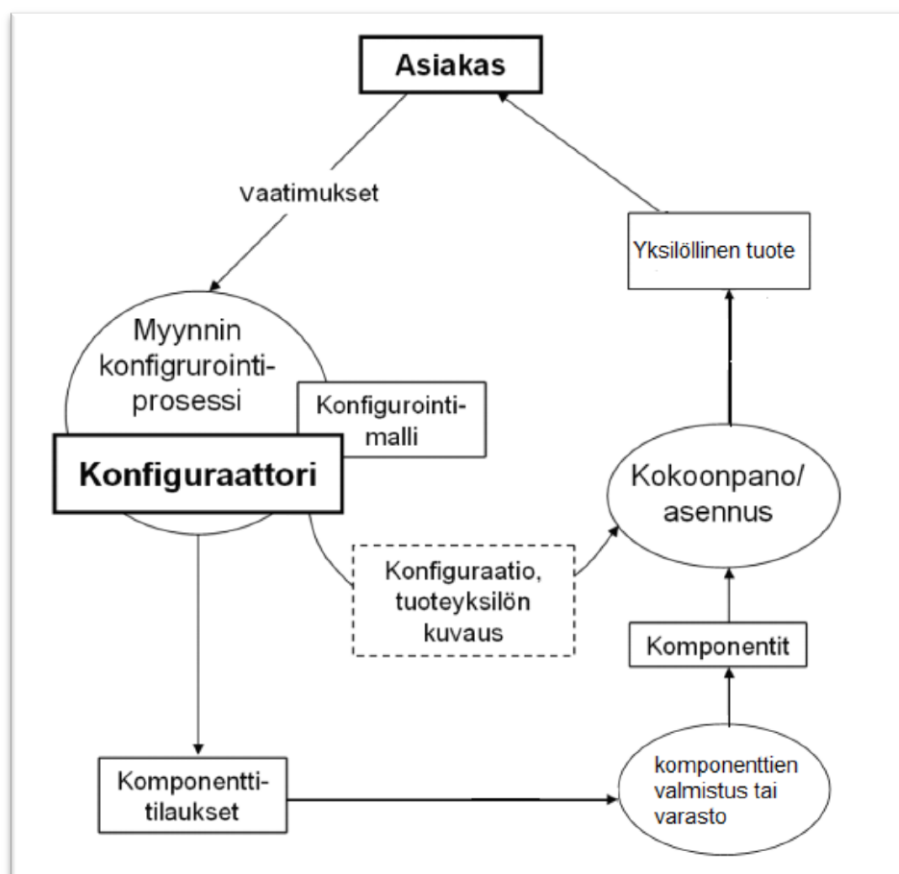
3.2.2 Konfiguraattorit

Yksilöllisen tuotteen sisältämien moduulien määrittelyä varten on kehitetty erilaisia konfiguraattoreita. Konfiguraattori on ohjelma, jonka avulla muodostetaan tuotteelle tarvittava tuoterakenne siltä vaadittavien ominaisuuksien perusteella. Lisäksi konfiguraattori auttaa hallitsemaan tuotteiden rakenteita ja komponenttitietoa. (Ahonniemi ym. 2007, 75.)

Konfiguraattoria käytetään konfiguroinnin apuvälineenä, koska tuotteet voivat olla monimutkaisia ja konfiguraattoria käyttämällä voidaan estää virheiden syntymistä. Monesti myyjä tarvitseekin suunnitteluinsinöörin apua konfiguraatiota tehdessään ja asiakkaan kanssa voidaan joutua keskustelemaan tuotteen variointimahdollisuuksista moneen otteeseen. Konfiguraattorin käytöllä pystytään poistamaan parhaimmillaan koko tilaus-toimitusprosessin aikainen tuotesuunnitteluvaihe, jolloin tilaus-toimitusprosessi nopeutuu ja tilauksia voidaan ottaa vastaan useampia lisäämättä kuitenkaan henkilöstömäärää. Konfiguraattorin tuomaa etua tilaus-toimitusprosessissa havainnollistavat kuviot 1 ja 2. Kuviossa 1 nähdään, että asiakkaan, myyjän ja suunnittelijan välillä tapahtuu edestakaista kommunikointia. Tilaus-toimitusprosessi on yksinkertaisempi kuviossa 2, jossa myyjän käyttämällä konfiguraattorilla saadaan poistettua edestakaisen kommunikoinnin tarve. Konfiguraattoria voi käyttää myyjä, suunnittelija tai asiakas itse. (Tiihonen & Soininen, 1997, 12-15.)



KUVIO 1. Tilaus-toimitusprosessi ilman konfiguraattoria (Tiihonen & Soininen 1997, 14.)



KUVIO 2. Konfiguraattori osana tilaus-toimitusprosessia (Tiihonen & Soininen 1997, 15.)

On olemassa primitiivisiä konfiguraattoreita, interaktiivisia konfiguraattoreita ja automaattisia konfiguraattoreita. Primitiiviset konfiguraattorit tallentavat käyttäjän tekemät valinnat tarkistamatta, onko niiden välillä yhteensopimattomuutta, tai onko kaikki tarvittavat valinnat tehty. Interaktiivinen konfiguraattori tarkistaa käyttäjän valintojen yhteensopivuuden ja ohjaa käyttäjää tekemään kaikki tarvittavat valinnat. Automaattinen konfiguraattori kerää lisäksi tietoa kysymällä asiakkaan tarpeet ja auttaa määrittämään niiden perusteella ominaisuudet ja niitä vastaavat moduulit. (Tiihonen & Soininen 1997, 16; Ahonniemi ym. 2007, 76.)

Konfiguraattori voidaan kytkeä yrityksen PDM- ja ERP- järjestelmiin. ERP-järjestelmällä tarkoitetaan toiminnanohjausjärjestelmää ja PDM-järjestelmällä tuotetiedonhallintajärjestelmää. Joissain konfiguraattoreissa on liittämistyökalu muihin järjestelmiin liitettävyyden helpottamiseksi. ERP-järjestelmään liittämisestä on hyötyä, koska näin asiakasräätelöidyt tilaukset saadaan lisättyä helposti toiminnanohjausjärjestelmään ja toiminnanohjausjärjestelmästä saadaan toimitusajat näkymään konfiguraattorissa. PDM-järjestelmään liittämisellä taas voidaan tuoda konfigurointimallien tietoa konfiguraattoriin ja siirtää uutta tietoa konfiguraattorista PDM-järjestelmään. (Tiihonen & Soininen 1997, 14, 21.)

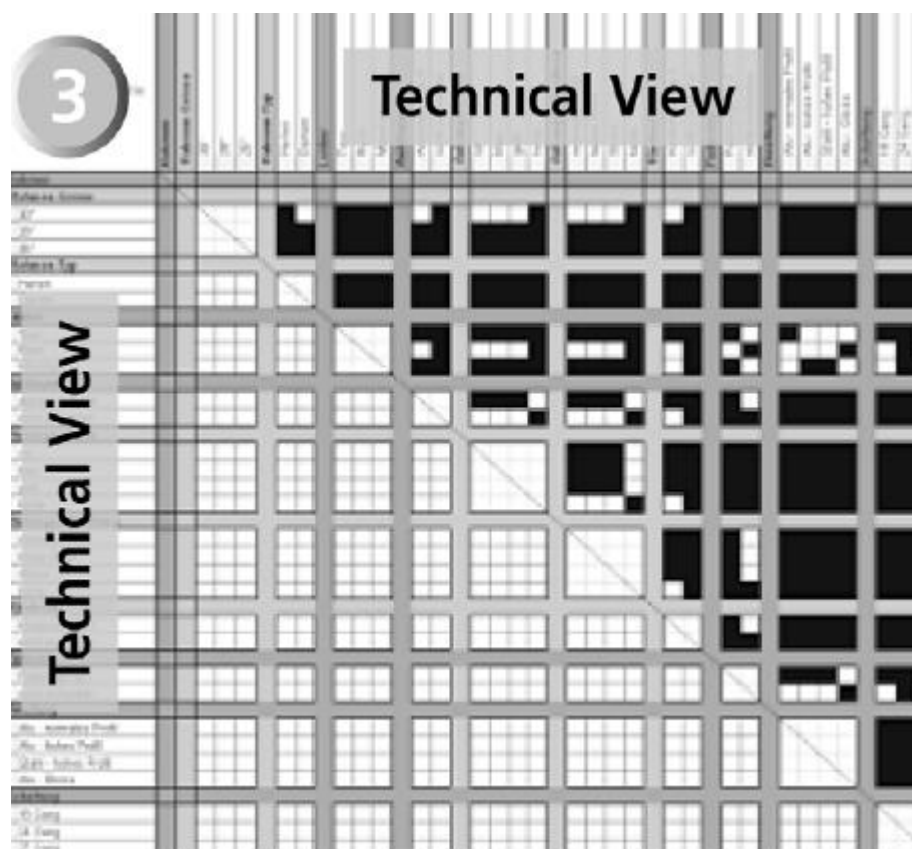
Konfiguraattoreita on olemassa yleiskäyttöisiä ja yksittäiskäyttöisiä. Yleiskäyttöinen konfiguraattori on tarkoitettu monien yritysten käyttöön erilaisille tuotteille ja yksittäiskäyttöinen konfiguraattori on tarkoitettu vain tietyn yrityksen tietyille tuotteille. (Tiihonen & Soininen 1997, 16.)

Konfiguraattori on yksinkertaisimmillaan pelkkä paperille tulostettu kaavake, johon rastitaan halutut ominaisuudet, joiden perusteella kaavake osoittaa vaaditut moduulit. Pidemmälle kehitetyt tietokoneella käytettävät konfiguraattorit sisältävät sääntökannan, eli säännöstön, joka estää käyttäjää valitsemasta keskenään yhteensopimattomia moduuleja ja rajaa seuraavat valintavaihtoehdot yhteensopivuuden perusteella. Tällaisia konfiguraattoreita ovat interaktiiviset ja automaattiset konfiguraattorit. Yksi keino toteuttaa säännöstö on käyttää apuna v-matriisia. (Ahonniemi ym. 2007. 76; Sarinko 1999, 29.)

Ennen konfiguraattorin valitsemista yrityksen tarpeet täytyy olla selvitettyinä. Ei riitä, että konfiguraattorilla pystytään konfiguroimaan tuotetta, vaan myös myös ylläpidon on oltava helppoa ja tapahtuttava mahdollisimman vähäisellä ohjelmointitarpeella. Päivitettävyyden ja hallittavuuden pitkäaikavälillä pitäisi olla yksi tärkeimmistä huomioonotettavista seikoista konfiguraattoria valitessa. Konfiguraattorin tarpeiden selvittämisessä on tärkeää selvittää myyntiosaston vaatimukset. Konfiguraattorin käyttöönotolla voidaan karsia virheiden syntymistä ja pienentää läpimenoaikaa merkittävästi, jos se on myynnin käyttöön soveltuva. Konfiguraattorin tehokas käyttö voi vaatia kuitenkin tuotteen, prosessien ja toimintatapojen uudelleensuunnittelua ja kehittämistä. (Tiihonen & Soininen 1997, 20-22.)

3.2.3 V-matriisi säännöstön pohjana

V-matriisia on käytetty laajasti modulaarisen tuotteen suunnittelussa. V-matriisin avulla voidaan vertailla kaikkia moduulien variantteja keskenään ja määrittää kaikki tuoteperheen kombinaatiot. Sen avulla voidaan esittää kaikki valittavissa olevat moduulit ja kaikki näiden väliset kytkennät myös valinnanteon hetkellä. V-matriisiin lisätään konfiguroitavat moduulit ja ominaisuusvalinnat, joita käytetään tarvittu moduulin etsintään. Moduulit ja ominaisuusvalinnat sijoittuvat v-matriisissa vasempaan reunaan riveille ja yläreunaan sarakkeille täysin symmetrisesti samassa järjestyksessä. Moduulien ja ominaisuusvalintojen välinen yhteys, riippuvuudet ja rajoitukset ilmoitetaan sääntömerkinnöillä keskelle jäävän taulukon soluissa. Yhteydet, riippuvuudet ja rajoitukset ominaisuuksien tai moduulien välillä selvitetään katsomalla säännöstömerkit rivien ja sarakkeiden risteyskohdassa. (Bongulielmi 2004.) Esimerkki v-matriisista on kuvassa 3.



KUVA 3. V-matriisin rakenne (Bongulielmi 2004.)

V-matriisin käyttäminen auttaa tuotearkkitehtuurin hallintaa kuvaamalla suurimman osan konfigurointisäännöistä. V-matriisin käyttö helpottaa suunnittelu- ja myyntiosastojen yhteistyötä poistamalla teknisen tuen tarvetta. (Bongulielmi 2004.)

3.3 Modulointi

Asiakaskohtaisten tuotteiden konfigurointi ja massaräätälöinnin hyödyntäminen vaativat modulaarisen tuoterakenteen. Modulaarisuudella tarkoitetaan tuotteen suunnittelua siten, että se koostuu moduuleista. Moduulit ovat osia tai osakokonaisuuksia, jotka ovat keskenään vaihtokelpoisia standardi-

soitujen rajapintojen ansiosta. Haluttujen ominaisuusyhdistelmien luominen on helppoa, jos tietyt ominaisuudet ovat osa tiettyjä moduuleita. Kun moduulit suunnitellaan täyttämään niiltä vaaditut ominaisuudet tai toiminnallisuudet, voidaan niitä yhdistelemällä muodostaa asiakkaan tarpeiden mukainen tuote. (Ahonniemi ym. 2007, 40-43.)

Kombinoitavien moduulien vaihtokelpoisuus saavutetaan määrittelemällä niille kiinteät rajapinnat. Rajapintojen suunnittelu täytyy toteuttaa siten, että rajapinnan yli saadaan siirtymään tuotteen toiminnan vaatimat energiat, informaatiot tai materiaalit. Tuotteen rakenne vaatii todennäköisesti useampia erilaisia rajapintatoteutuksia. Rajapintatoteutuksien määrä pitäisi pyrkiä kuitenkin minimoimaan mahdollisimman suuren kombinaatiomäärän saavuttamiseksi. (Harju 1999, 161.)

Tuotteen rakentamisessa käytettävät moduulit voidaan luokitella perusmoduuleihin ja valinnaisiin moduuleihin. Perusmoduulit ovat pakollisia moduuleja, joista on pakko valita tarvittut variantit lopputuotteen aikaansaamiseksi. Valinnaiset moduulit sen sijaan ovat lisäosia, joiden valitseminen ei ole pakollista tuotteen aikaansaamiseksi. (Ahonniemi ym. 2007, 44.)

3.3.1 Muita moduloinnilla saavutettavia hyötyjä

Moduloinnilla saavutettavan laajan tuotevalikoiman lisäksi moduloinnilla voidaan saavuttaa muitakin hyötyjä. Käyttämällä samaa moduulia useissa eri tuotteissa, voidaan hyötyä toistuvuuden eduista. Toistuvuuden etuja ovat massatuotannon mahdollistuminen ennen räätälöintivaihetta ja kannattavuus valmistaa moduulit pieniin puskurivarastoihin. Puskurivaraston käyttöönotto taas mahdollistaa nopeammat valmistusajat, koska moduulit ovat valmiina loppukokoonpanoa varten. Mitä enemmän samaa moduulia käytetään tuotevariaatioissa, sen halvemaksi sen yksikköhinta saadaan. Yksikköhinta laskee yleensä valmistusmäärien kasvaessa. Tuotantojärjestelmät voidaan optimoida toimimaan tehokkaammin ja asetusajojen osuus pienenee koneen käyttöasteen kasvaessa. (Ahonniemi, 2007, 40.)

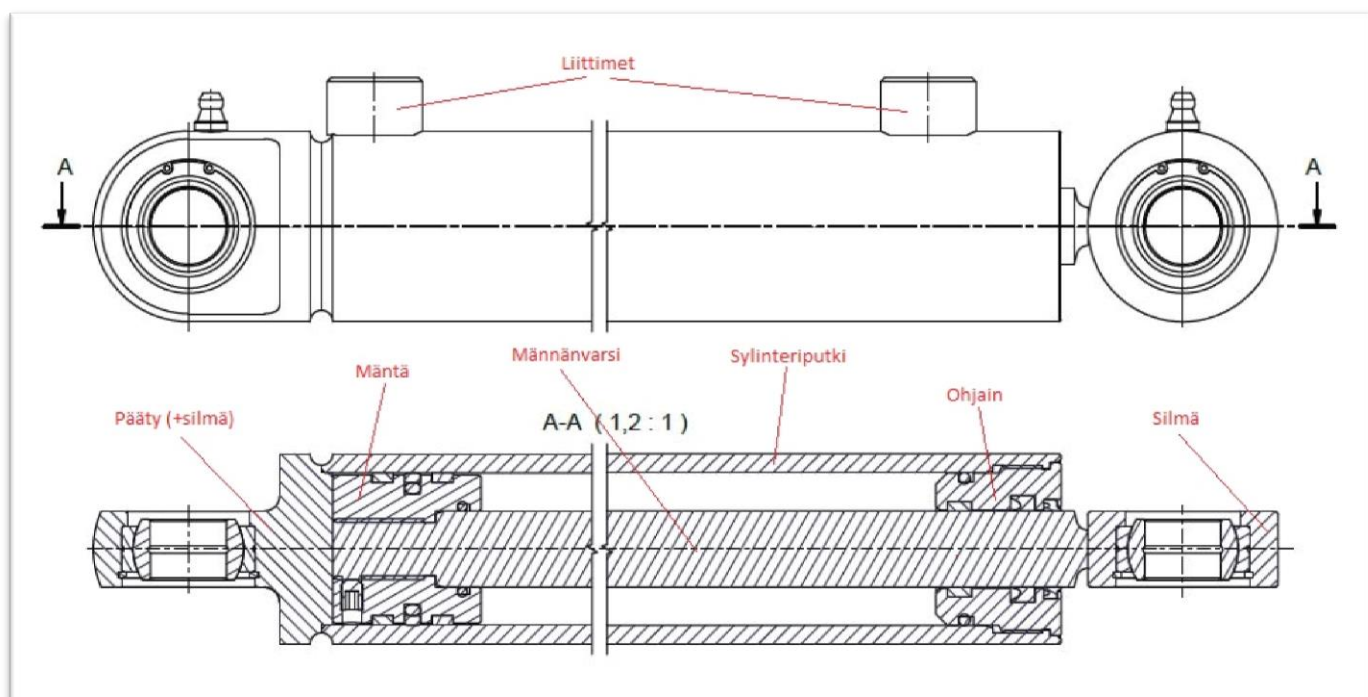
Moduuleihin jakaminen helpottaa lisäksi suunnittelua, kokoonpanoa ja laadunvalvontaa, koska kokonaisen tuotteen sijasta voidaan keskittyä vain yhteen moduuliin. Moduuli voi olla kokoonpano, joka sisältää useita nimikkeitä. Jos lopputuote saadaan koostumaan ainoastaan tällaisista moduuleista, voidaan sen tuoterakenne esittää paljon yksinkertaisemmin verrattuna tuotteeseen, joka koostuu samoista osista ilman modulointia. Esimerkiksi laadunvalvonta ja tuotannonohjaus tehostuvat, jos kokonaisen moduulin valmistus voidaan ulkoistaa alihankkijalle. (Harju 1999, 164; Ahonniemi ym. 2007, 43.)

4 HYDRAULISYLINTERIT

Hydraulisyylinteri on kone-elin, jolla saadaan muutettua hydraulijölyn paine-energia suoraviivaiseksi liike-energiaksi. Paineenalainen hydraulijöly syötetään hydraulisyylinterin sisällä olevaan kammioon, jolloin paine työntää sylinterin sisällä olevaa mäntää ja saadaan aikaan haluttu liike. Mäntä on kiinnitetty männänvarteen, joka välittää liikkeen haluttuun kohteeseen. Paine voidaan syöttää kaksitoimisessa hydraulisyylinterissä kummalle puolelle mäntää tahansa, jolloin saadaan aikaan erisuuntaiset liikkeet. Yksitoimisessa hydraulisyylinterissä paine syötetään aina samalle puolelle, ja mäntä palautuu takaisin esimerkiksi jousen tai painovoiman avulla. Näiden lisäksi on olemassa myös erikoisempia hydraulisyylinterimalleja, kuten teleskooppisyylinteriä, uppomäntäsyylinteriä ja läpimenevällä varrella olevia syylinteriä. (Korhonen 1991, 158-165.)

4.1 Kaksitoimisen hydraulisyylinterin rakenne

Normaalin kaksitoimisen hydraulisyylinterin pääosat ovat: sylinteriputki, pääty, mäntä, männänvarsi, silmä, ohjain, liittimet ja tiivisteet. Kaksitoimisen hydraulisyylinterin halkileikkaus ja osien sijoittuminen on nähtävissä kuvassa 4. Osien nimitykset vaihtelevat lähteestä riippuen, joten tässä opinnäytetyössä käytetään Hydrolin Oy:n käyttämiä nimityksiä.



KUVA 4. Hydraulisyylinterin rakenne ja sen pääosat. Kuvan hydraulisyylinteri on varustettu nivellaakereilla. (Hydrolin Oy.)

Päädysssä ja varressa oleviin silmiin asennetaan usein nivellaakerit, jotka sallivat hydraulisyylinterin liikkumisen sen suorittaessa liikettä. Hydraulisyylinterissä voidaan käyttää hitsausliitoksia, pulttiliitoksia, lukkolankakiinnityksiä ja kierrekiinnityksiä. Pääty ja liittimet kiinnitetään sylinteriputkeen hitsaamalla, silmä kiinnitetään männänvarteen yleensä hitsaamalla ja ohjaimen sekä männän kiinnit-

tämisessä käytetään lukkolankakiinnityksiä, kierrekiinnityksiä sekä pulttikiinnityksiä. (Korhonen. 1991, 167-170.)

4.2 Hydraulisylinterin suunnittelu

Hydraulisylinterin suunnittelussa otetaan huomioon sen käyttökohteen asettamat vaatimukset. Käyttökohteeseen määrää, käytetäänkö yksi- vai kaksitoimista sylinteriä, vai tarvitaanko erikoissylinteriä. Käyttökohteessa vaadittavien voimien perusteella määritellään sylinteriputken ja männänvarren halkaisijat, sekä näiden välinen suhde ja esimerkiksi mäntään tai ohjaimiin tulevien tukinauhojen tarve. Lisäksi käyttökohteessa käytetyn hydraulijärjestelmän paine määrää sylinterin käyttöpaineen. Käyttökohteen perusteella lasketaan myös sylinteriltä vaadittu pituus ja iskupituus. Hydraulisylinterin rakenteen vuoksi pituus ja iskupituus ovat vapaasti valittavissa, kunhan nurjahdusvaara otetaan huomioon. Liittimien koko valitaan sylinteriltä vaaditun nopeuden perusteella. Iso liitin mahdollistaa hydrauliohjauksen suuremman tilavuusvirtauksen, jolloin männän liike saadaan nopeammaksi. (Korhonen 1991, 174-186.)

Männänvarren silmään ja päädyn silmään täytyy sopia vaaditun kokoinen nivellaakeri. Päätyjä ja silmiä on saatavilla rasvanipalla, jonka kautta nivellaakerille syötetään voiteluainetta. Silmän kestävyys raskaassa käytössä voidaan maksimoida käyttämällä rasvanipatonta silmää, jolloin nivellaakerin voitelu voidaan järjestää vaihtoehtoisilla menetelmillä. (Hydroline Oy 2014.b.)

Osien välisillä kiinnitystavoilla ei ole sylinterin toiminnan kannalta yleensä merkitystä, mutta niillä voidaan vaikuttaa valmistettavuuteen ja kestävyys. Esimerkiksi ohjaimen kiinnitystapana voidaan käyttää raskaissa kohteissa pulttikehäkiinnitystä, mutta kevyempään käyttöön riittää lukkolankaratkaisu. (Korhonen 1991, 166-169.)

5 TYÖN KULKU

Ennen konfiguraattorin kehitystä täytyi perehtyä konfiguroitavaan tuotteeseen, konfiguraattorin toimintaan ja selvittää, mitä vaatimuksia hydraulisynterierin konfigurointi asettaa konfiguraattorille. Seuraavaksi saamani konfiguraattoripohja täytyi muokata hydraulisynterierin konfigurointiin sopivaksi lisäämällä siihen tarvittava määrä ominaisuusvalikoita ja muita toiminnallisuuksia. Tämän jälkeen konfiguraattorin säännöstöön voitiin lisätä tarvittavat moduulit, ominaisuusvalinnat ja sääntömerkinnät.

5.1 Lähtötilanne

Hydroline Oy valmistaa asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä hydraulisynteriereitä. Jos asiakkaalla ei ole omia piirustuksia tilaamalleen hydraulisynterierille, suunnittelija voi käyttää Hydroline Oy:n jo tuotannossa olevia moduuleja. Moduulien etsintään käytetään nykyisin toiminnanohjausjärjestelmää ja nimikelistoja, joissa on kuvailtu nimikkeiden tärkeimmät piirteet. Tämä voi viedä paljon aikaa, joten toimivasta konfiguraattorista voitaisiin hyötyä ainakin suunnittelijoiden käytössä. Parhaimmillaan konfiguraattoria hyödyntämällä voitaisiin poistaa suunnittelijan ja myyjän tarve kokonaan tietyn tyyppisten tilausten osalta. Esimerkiksi internetissä käytettävä asiakkaan käyttöön suunniteltu konfiguraattori voisi kerätä kaiken tarvittavan tiedon täydellisen tuoterakenteen aikaansaamiseksi.

Konfiguraattorin aktiivisella käytöllä voitaisiin myös nostaa potentiaalisimpien moduulien tuotantomääriä ja siten vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen. Samalla vanhojen ja vähemmän käytettyjen moduulien käyttöä voitaisiin tarvittaessa rajoittaa jättämällä ne pois konfiguraattorin sisältämisestä moduuleista.

Hydroline Oy on mukana Savonian Palkeet-hankkeessa, jossa on tutkittu Hydroline Oy:n palveluliiketoimintaa ja kehitetty sen tuotteistamista. Lisäksi on tutkittu Savonian v-matriisipohjaisen konfiguraattorin käytettävyyttä hydraulisynterierien konfiguroinnin apuvälineenä. Tässä opinnäytetyössä luotiin konfiguraattorin testiversio, jolla pyrittiin selvittämään Hydroline Oy:n valmius sellaisen käyttöönottoon esimerkiksi nimikkeistön, moduloinnin ja henkilöstön osalta. Opinnäytetyössä kehitettävän konfiguraattorin testiversion hyödynnettävyyttä on tarkoitus testata aluksi vain suunnittelun apuvälineenä.

Hydroline Oy:llä on pyritty moduloimaan tuotteita ja suunnittelemaan uudet nimikkeet omia standardeja noudattaen. Tuotteen rakenteen vuoksi myös monia vanhoja nimikkeitä voidaan pitää modulaarisena. Tuotteita voidaan siis konfiguroida ja lähtökohdat konfiguraattorin käyttöönottoon näyttää niiltä osin hyvältä.

5.2 Moduulien ja niiden ominaisuuksien selvitys

Konfiguraattorin tehtävä on auttaa käyttäjää valitsemaan tarvitsemansa moduuli haluamiensa ominaisuuksien perusteella. Ennen konfiguraattorin kehittämistä täytyi siis selvittää, mitä moduuleja hydraulisylinterien konfigurointiin tarvitaan ja mitä ominaisuusvalintoja niiden määrittäminen edellyttää. Lisäksi täytyi selvittää moduulien tekniset yhteensopivuudet ja rajaukset niiden rajapintojen perusteella.

Hydroline Oy:n nimikkeistä on tehty Excel-tiedostot nimikeryhmittäin, joista näkee helposti nimikkeiden tärkeimmät piirteet ilman tarkempien dokumentointien etsimistä. Hydroline Oy:lle vuonna 2012 tehdyssä opinnäytetyössä todetaan nimikeryhmien toimivan samalla moduuliryhminä. (Huttunen, 2012.) Tiedostossa ilmoitetut piirteet löytyvät yleensä jokaiselta samassa ryhmässä olevalta nimikkeeltä, mutta niiden arvot vaihtelevat.

Konfiguraattoriin lisätyillä moduuleilla ei ollut suuria eroja toiminnallisuuksissa, vaan suurin osa konfiguraattorilla valittavista variointiperusteista oli oikean kokoluokan valitsemista. Valittavia parametreja ovat esimerkiksi männänvarren paksuus ja sylinteriputken halkaisija. Variointiperusteita on moduulia kohden yleensä useita, mutta rajapintoihin niistä vaikuttaa yleensä korkeintaan yksi, joten lopputuotteen kombinaatiomäärä pysyy laajana.

Konfiguraattorin testiversioon ei voitu laittaa kaikkia Hydroline Oy:n nimikkeitä, koska käytettävissä ollut aika oli rajallinen ja kyseessä oli vasta testiversio, jonka ei tarvinnut sisältää kaikkia nimikkeitä. Tästä syystä konfiguraattoriin lisättiin vain valikoitu osa koko nimikkeistöstä. Päädyimme Hydroline Oy:n henkilöstön kanssa käytyjen keskusteluiden jälkeen käyttämään konfiguraattorin testisarjan rajaamisessa aikaisemmin mainittuja Excel-tiedostoja.

5.2.1 Testisarja

Konfiguraattoriin syötetyn testisarjan rajauksesta sovittiin Hydroline Oy:lla yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Testisarjaan otettiin mukaan valmistusmääriltään suuria ja yleisiä nimikkeitä, koska näin koelusta saataisiin suurin hyöty ja jotta jopa testikonfiguraattorista voisi olla hyötyä suunnittelijoille. Lisäksi testisarja rajattiin käsittämään ainoastaan yleisimmät sylinteriputkien ja männänvarsien halkaisijat. Rajasin testisarjan nimikkeet asettamalla saamiini Excel-tiedostoihin sopivat piirrevaatimukset ja suodattamalla näihin kuulumattomat nimikkeet pois.

Testikonfiguraattoriin syötetyt nimikkeet on jaettavissa eri nimikeryhmiin, jotka toimivat samalla moduuliryhminä. Toimivan hydraulisylinterin rakentaminen vaatii joitain poikkeustapauksia lukuun ottamatta ainakin yhden moduulin jokaisesta ryhmästä. Valinnaisia moduuleja ovat väliholkit ja suurenkaat. Niitä ei ole pakko käyttää jokaisessa hydraulisylinterissä, vaan niiden tarpeen määrää tiettyjen ohjainten käyttö tai esimerkiksi tarve rajoittaa iskupituutta. Testisarja sisältää kaikkia perussylinterin vaatimia nimikkeitä ja eri variaatioita on rakennettavissa lukuisia. Testisarjaan kuuluvat nimikeryhmät ovat:

- männät
- ohjaimet
- liittimet
- silmät
- päädyt
- väliholkit
- suurenkaat.

Mäntiä on testisarjassa yli 200 kappaletta. Männät on tarkoitettu aina tietyille sylinteriputken sisähalkaisijoille ja männänvarren halkaisijoille. Männänvarsi sorvataan aina tilauskohtaisesti, joten sama mäntä on sovitettavissa useammalle männänvarsikoolle, kunhan männässä oleva varrentila ei ole halkaisijaltaan isompi kuin männänvarsi. Männän valintaan vaikuttaa oleellisesti myös tukinauhojen määrä.

Ohjaimia on testisarjassa yli 200 kappaletta. Ohjaimet ovat mäntien tapaan tarkoitettu vain tietyille sylinteriputkien sisähalkaisijoille ja varren halkaisijoille. Muita ohjaimen valintaan vaikuttavia seikkoja ovat tukinauhojen määrä ja kiinnityksen toteutus. Ohjaimen kiinnityskierre voi sijoittua putken sisä- tai ulkopinnalle, käytössä on myös erillisiä kiinnitysmuttereita ja lukkolangalla kiinnitettäviä malleja. Testisarjaan ei otettu kierteen kokoa ominaisuusvalinnaksi, koska sylinteriputki kierteineen sorvataan aina tilauskohtaisesti.

Testisarjan liittimissä on ainoastaan BSP-kierteitä väliltä $R1/8'' - R1''$. Liitinmalleja on suoria ja 90 asteen kulmalla varustettuja, joten valintakriteereiksi jää ainoastaan haluttu kierteen koko ja kulma. Liittimiä tulee kaksitoimiseen sylinteriin yleensä kaksi kappaletta. Joihinkin päätyihin ja suurenkaisiin on integroitu liitin, jolloin liitintä ei tarvita.

Silmiä on testisarjassa noin 200 kappaletta ja niissä oleellimmat valintaan vaikuttavat ominaisuudet ovat tappikoko, hitsattavan pään koko ja rasvanippojen tarve. Vain pieni osa silmistä on tarkoitettu tietyille varsikoolle ja loput on kiinnitettävissä monelle erikokoiselle varrelle. Silmistä otettiin mukaan nivellaakereille tarkoitetut rasvanipattomat ja rasvanipalliset mallit.

Päädyt hitsataan sylinteriputkeen, joten niiden halkaisijan täytyy olla sama kuin sylinteriputkessa. Sylinteriputken sisähalkaisijan lisäksi valintaan vaikuttaa seinämävahvuus, joka määräytyy käyttöpaineesta. Päätyjen valintaan vaikuttaa myös haluttu tappikoko ja rasvanipan tarve. Osassa päädyistä silmä on kiinteä osa kappaletta (koneistetut) ja osassa silmä on erillinen hitsattava osa. Jotkut päädyt voivat sisältää liittimen, jolloin liitintä ei tarvitse hitsata sylinteriin erikseen.

Väliholkkeja käytetään hydraulisylinterien iskunpituuden rajoittamiseen. Väliholkit asennetaan männänvarren ympärille tai sylinteriputken sisäkehälle. Väliholkki voi olla männän kummalla puolella tahansa. Testisarjaan otettiin mukaan ainoastaan männänvarrelle asettuvat väliholkit, koska testisarjan kokoluokassa ei ollut kuin muutama seinämää vasten asettuva malli. Väliholkkeja valitessa täytyy

ottaa huomioon ulko- ja sisähalkaisijat. Ulkohalkaisijan täytyy olla aina pienempi kuin sylinterin sisähalkaisijan ja sisähalkaisijan täytyy olla vähintään männänvarren kokoinen.

Suurenkailla lisätään tarvittaessa sylinteriputkien seinämävahvuutta esimerkiksi pulttikiinnitettävää ohjainta varten. Suurenkaat kiinnitetään hitsaamalla ja ne oikaistaan koneistamalla hitsauksen jälkeen. Suurenkaat voivat asettua sylinteriputken päälle tai jatkeeksi. Joissain suurenkaissa on liitin valmiina, jolloin erillistä liitintä ei tarvitse hitsata sylinteriputkeen.

Sylinteriputket ja männänvarret suunnitellaan ja koneistetaan jokaista tilausta kohden erikseen. Niiden mitat ja pinnanlaatu on toimittajalta tullessa jo valmiiksi erilaisiin hydraulisyntereihin sopivia, joten niitä voidaan varastoida metritavarana ja vaadittu räätälöinti voidaan suorittaa mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa katkaisemalla aihiot oikean pituisiksi ja koneistamalla niihin vaaditut sovitukset, urat ja kierteet. Sylinteriputket ja männänvarret suunnitellaan tilauksiin siis tapauskohtaisesti, joten niitä ei voitu ottaa mukaan konfiguraattoriin.

Näiden lisäksi on olemassa muita moduuliryhmiä, jotka jätettiin konfiguraattorin testisarjan ulkopuolelle, koska niiden soveltuvuuden arvioiminen on erittäin hankalaa tai ne ovat erikoistapauksia. Tällaisia moduuleja ovat esimerkiksi johdinputket ja asentoanturit.

5.2.2 Moduulien väliset rajapinnat ja rajoitukset

Moduulien rajapinnat täytyi olla selvillä ennen niiden yhteensopivuuksien arviointia ja konfiguraattoriin lisäämistä. Hydraulisynterin moduuleissa rajapintana toimivat usein erilaiset kierteet ja sovitukset hitsausta varten. Moduulien yhteensopivuuden arviointi pelkästään Excel-tiedostoon merkittyjen piirteiden perusteella oli joiltain osin helppoa. Esimerkiksi sisähalkaisijaltaan 50 millisen sylinteriputken sisään käy ainoastaan männät, jotka on tarkoitettu 50 milliselle sylinteriputkelle. Epäselvien tilanteiden kohdalla yhteensopivuudesta keskusteltiin suunnittelijoiden kanssa. Moduulien välinen yhteensopivuus arvioitiin liitteessä 1 esitetyn kaavion mukaisesti. Kaavio kertoo, mihin moduuleihin konfiguraattorin ensimmäiset ominaisuusvalinnat vaikuttavat ja mitkä moduulivaihtoehdot pysyvät samoina riippumatta muista valinnoista.

5.3 Konfiguraattorin kehitys

Savonia-ammattikorkeakoululla on kehitelty v-matriisipohjaista konfiguraattoria jo ennen opinnäytetyön alkamista. Käytettävissä oli valmis Excel-tiedostossa toimiva konfiguraattorin pohja, joka sisälsi käyttöliittymän sekä v-matriisipohjan säännöstöä varten. Konfiguraattorin toiminta oli ohjelmoitu Visual Basics- ohjelmointikielellä. Käyttöliittymä sisälsi ominaisuusvalintoja, jotka olivat yhteydessä v-matriisiin. Ominaisuusvalintojen tekemisen jälkeen konfiguraattori lukee v-matriisia ja poimii ominaisuusvalintoja vastaavat moduulit tuoterakenteeseen. Säännöstö vaikuttaa myös seuraavien ominaisuusvalintojen tekemiseen karsimalla edelliseen valintaan sopimattomat vaihtoehdot pois.

Työn edetessä valmiiseen pohjaan jouduttiin tekemään niin paljon muutoksia sovellettaessa sitä hydraulisynterin konfiguroimiseen, että lopulta koko konfiguraattori ohjelmoitiin uudestaan Savoni-an projekti-insinöörin toimesta.

5.3.1 Ominaisuusvalinnat

Konfiguraattori auttaa käyttäjää valitsemaan tarvitsemansa moduulin yhdistämällä eri ominaisuudet niitä vastaaviin moduuleihin. Konfiguraattoriin täytyi siis keksiä järkevä määrä ominaisuusvalintoja, joilla saadaan suodatettua kulloiseenkin tilaukseen soveltumattomat moduulit pois tai valittua jokin ominaisuuden täyttävä moduuli. Ominaisuusvalinnat ja niihin liittyvät moduulit ovat nähtävissä liitteessä 4.

Konfiguraattoria ei voitu resurssisyydestä tehdä kokonaan automaattiseksi, vaan joskus käyttäjä joutuu valitsemaan sopivan moduulin itse jäljelle jääneistä vaihtoehdoista. Tästä syystä käyttöliittymässä on ominaisuusvalintojen lisäksi myös moduulivalinnat, joissa on vaihtoehtoina kaikki moduulit, jotka täyttävät aikaisemmin valitut ominaisuudet. Moduulivalintaa tehdessä käyttäjä voi käyttää valintapereusteina moduulien hintaa tai pituutta, jotka näkyvät omilla paikoillaan valinnanteon yhteydessä. Vaihtoehtojen vertaaminen tarkemmin vaatii kuitenkin moduulin tarkastelua konfiguraattorin ulkopuolella.

PALKEET - KONFIGURAATTORI

Painetaso: 210-300Bar

Sylinterin koko: 63

Varren koko: 30

Männän tukinauhojen määrä: 2

Mäntä: Mäntä 1VATMÄ15

Ohjaimen tukinauhojen määrä: ei

lukkolanka: Ei

ohjain: Ohjain 1RUNOH02

liitinpari: R 3/8"

silmän nippa: ei

25mm

Moduulit/nimikkeet

Kpl	ID	Nimi	Pituus	Hinta
1	1VATMÄ15	1VATMÄ15	37	
1	1RUNOH02	1RUNOH02	50	
2	2LIITT08	2LIITT08		
2	2FMGHO19	2FMGHO19	38	
1	2BROPA02	2BROPA02	15	
1	1ROCVÄ19	1ROCVÄ19	15	

Lataa
Kategoriat/ominaisuudet V-matrisista

Poista valinnat

HYDI
Trusted G

pituus (minimi): **193** mm

Hinta: **€**

???: **0**

Konfiguraattori V-matr Sheet1

KUVA 5. Konfiguraattorin käyttöliittymä

Kuvassa 5 on näkymä konfiguraattorin käyttöliittymästä. Vasemmalla on nähtävissä ominaisuus- ja moduulivalinnat. Näkyvillä olevia moduulivalintoja ovat mäntä, ohjain ja liitinpari. Loput näkyvissä olevat valinnat ovat ominaisuusvalintoja. Oikealla on lista valituista moduuleista ja kentät, joissa näkyy yhteenlaskettu hinta sekä pituus. Lisäksi oikeassa yläkulmassa on painike v-matriisin ja ominaisuuksien päivittämiseksi ja painike konfiguraattorin valintojen poistamiseen.

5.3.2 Säännöstö

Konfiguraattorin säännöstö on v-matriisipohjainen. V-matriisin läpi kulkee vino peilausakseli, jonka molemmille puolille on listattu kaikki valittavissa olevat ominaisuusvalinnat, moduulivalinnat ja niitä vastaavat moduulit. V-matriisi sisältää sääntömerkinnät peilausakselin yläpuolella, koska niiden peilikuva peilausakselin toisella puolella ei tarvita. Näkymä säännöstöstä on kuvassa 6. Sääntömerkinnöillä ilmoitetaan konfiguraattorille, mitkä ominaisuudet eivät ole enää valittavissa edellisen valinnan jälkeen ja kuinka monta kappaletta kutakin moduulia tarvitaan täyttämään sitä vastaavien ominaisuusvalintojen tarpeet. Sääntömerkintä voi olla "x" tai jokin numero, joka kertoo riippuvaisuudesta ja samalla valittavien moduulien määrän. Moduuleja tarvitaan lähes kaikissa tapauksissa yksi kappale, ainoastaan liittimet valitaan pareittain, joten niiden kohdalla numeromerkintänä on "2". Merkintä "x" kertoo yhteensopimattomuudesta aikaisemmin valittujen moduulien kanssa.

Säännöstön muokkaamisen ja hallinnan helpottamiseksi moduulit on jaettu kategorioihin. Kategorioihin jakaminen helpottaa moduuliryhmien sääntöjen ja ominaisuusvalintojen tarkastelua ja muokkausta. Myös ominaisuusvalinnoille on omat kategoriansa niihin liittyvien moduulien yläpuolella. Konfiguraattorin toiminnan kannalta eri kategorioiden järjestyksellä matriisissa ei ole merkitystä.

V-matriisi sisältää kaikki valittavissa olevat ominaisuudet ja moduulivaihtoehdot. Aluksi oletus oli, että ominaisuusvalinnan tekeminen johtaa ominaisuuden täyttävän moduulin valintaan, mutta kuten aikaisemmin todettiin, konfiguraattoria ei saatu valitsemaan jokaista moduulia pelkästään ominaisuusvalintojen perusteella, vaan lopulta käyttäjän täytyy valita haluamansa moduuli 1-20 moduulin listasta. Tästä syystä jokaiselle moduulivaihtoehdolle täytyi luoda sitä vastaava moduulivalinta, jonka valitsemalla konfiguraattori poimii kyseisen moduulin tuoterakenteeseen. Tämä menettely tuplasi v-matriisissa käytettyjen rivien ja sarakkeiden määrän. Valmis v-matriisi sisältää kokonaisuudessaan 2802 riviä valintoja ja moduuleja.

Kuvasta 7 nähdään, että 100- 210 baarin painetason valinta poistaa kaikki punaisella pisteellä merkityt päätyvaihtoehdot myöhemmistä valinnoista. Samalla on nähtävissä, että näkyvissä olevat päätyvaihtoehdot käyvät ainoastaan 50mm sylinteriputkelle, koska muiden kokovaihtoehtojen kohdalla on merkintä "x".

Sama periaate toistuu jokaisen ominaisuusvalinnan ja moduulivalinnan jälkeen. Osa moduuleista ei sisällä minkäänlaisia riippuvaisuuksia. Esimerkiksi liittimet ovat täysin vapaasti valittavissa. Valittavissa olevien liitinkokojen määrä ei rajaudu laisinkaan muita valintoja tekemällä. Lisätietoa säännösten rakenteesta ja säännösten toiminnasta on nähtävissä liitteissä 2. ja 3.

5.3.3 Käyttöliittymässä näkyvä informaatio

Konfiguraattori tekee tehtyjen moduulivalintojen perusteella listan, jossa näkyvät valittujen moduulien nimikekoodit, moduulien määrät, pituus ja hinta. Lisäksi konfiguraattori laskee konfiguraation kokonaishinnan ja minimipituuden (männänvarsi kokonaan sisässä). Kaikille nimikkeille ei löydetty hintaa, joten yhteenlaskettu hinta ei pidä aina paikkaansa. Konfiguraattoriin jätettiin tyhjä yhteenlaskukenttä, jota voidaan halutessa käyttää esimerkiksi massan laskemiseen. Yhteenlaskukenttä saadaan käyttöön lisäämällä moduulikohtaisia tietoja säännösten yhteyteen omalle sarakkeelleen. Tuoterakennelista päivittyy jokaisen valinnan jälkeen. Esimerkiksi liittimellä varustetun suurenkaan tai päädyn valitseminen poistaa toisen tai molemmat aikaisemmin valituista liittimistä.

6 TULOKSET JA JATKOKEHITYSIDEAT

Aikaansaatu konfiguraattori on ominaisuuksiltaan lähinnä yksittäiskäyttöistä interaktiivista konfiguraattoria ja v-matriisia muokkaamalla sitä voidaan käyttää jopa yleiskäyttöisenä konfiguraattorina. Konfiguraattorin hyödynnettävyyttä on tarkoitus testata aluksi ainoastaan suunnitteluosaston työkaluna ja myöhemmin mahdollisesti myös myynnin apuna.

Aikaansaadulla konfiguraattorilla voidaan valita tarvittavat moduulit toimivan hydraulisylinterin rakentamiseksi. Konfiguraattori ei kuitenkaan valitse kaikkia moduuleita automaattisesti ominaisuusvalintojen perusteella, vaan se antaa käyttäjän valita tarvitsemansa moduulin 1-15 vaihtoehdosta. Jokainen jäljelle jäävistä vaihtoehdoista täyttää moduulille asetetut vaatimukset ja ne ovat yhteensopivia aikaisemmin valittujen moduulien kanssa. Tässä vaiheessa käyttäjä voi käyttää valintakriteereinään konfiguraattorin ilmoittamaa hintaa ja pituutta, mutta parhaimman lopputuloksen takaa valitavissa olevien moduulien vertailu konfiguraattorin ulkopuolella.

Tiihosen ja Soinisen (1997, 20-22.) mukaan ei riitä, että konfiguraattorilla pystytään konfiguroimaan tuotetta, vaan myös ylläpidon on oltava helppoa ja tapahduttava mahdollisimman vähäisellä ohjelmointitarpeella. Päivitettävyyys ja hallittavuus pitkällä aikavälillä ovat tärkeimpiä huomioonotettavia seikkoja konfiguraattoria valitessa. Aikaansaadun konfiguraattorin muokkaaminen esimerkiksi konfigurointisääntöjen, ominaisuusvalintojen ja moduulien osalta on helppoa, koska konfiguraattori toimii ilman uudelleenohjelmointia, vaikka v-matriisissa olevien ominaisuuksien ja moduulien määrää muokattaisiin. Myös konfigurointisäännöt ovat vapaasti muokattavissa.

Suunnittelijalle ei ole nykyisestä konfiguraattorista merkittävää hyötyä, koska säännöstön teossakin apuna käytetyt Hydrolin Oy:n Excel-nimelistat sisältävät samat piirteet, jotka ovat konfiguraattorissa ominaisuusvalintoina. Excel-nimelistojen piirteiden rajaamisella päästään samaan lopputulokseen, kuin testikonfiguraattorin käytöllä. Konfiguraattorin kokeilukäyttö kuitenkin auttaa hahmottamaan paremman ja kattavamman konfiguraattorin käyttöönoton edellytykset.

6.1 Jatkokehitysideoita

Konfiguraattorin hyödynnettävyyttä voitaisiin parantaa lisäämällä siihen uusia toimintoja. Hydrolin Oy:llä keskusteltiin mahdollisuudesta saada moduulien piirustukset näkymään konfiguraattorissa valinnanteon hetkellä, jolloin moduulien vertailu olisi nopeaa ja vaivatonta. Kuvien lisääminen käyttöliittymän yhteyteen on mahdollista käyttämällä tietokantapohjaista ratkaisua, jossa säännöstö ja piirustukset tuodaan konfiguraattorin käyttöliittymään erillisestä tietokannasta. Tämä voisi tehdä konfiguraattorista käyttökelpoisemman työkalun suunnittelijan käytettäväksi.

Toinen jatkokehitysidea on moduulimäärän karsiminen. Jokaista ominaisuusyhdistelmää kohden valittaisiin vain yksi moduuli ja loput vaihtoehdot poistettaisiin konfiguraattorista. Tällaisella ratkaisulla voitaisiin konfiguroida ainakin yksinkertaisimmat hydraulisylinterit, joiden käyttökohde ei aseta niille hyvin suurta suunnittelutarvetta. Erikoisemmat tilaukset voitaisiin tässä tapauksessa suunnitella il-

man konfiguraattorin käyttöä kuten ennenkin. Pienemmän moduulimäärän säännösten paikkansapitävyys on helpompaa varmistaa ja luotettavaksi todetulla konfiguraattorilla voitaisiin poistaa tilauskohtainen suunnittelutarve. Samalla konfiguraattoriin valittujen nimikkeiden valmistusmääriä saataisiin kasvatettua. Esimerkiksi mäntien kohdalla on mahdollista saada yksi 50mm sylinteriin sopiva mäntä sopimaan useammalle varsikoolle, jolloin moduulivalikoimaa saataisiin supistettua edelleen ja näin voitaisiin lisätä yksittäisen männän menekkiä. Tämän idean toteuttaminen vaatisi suunnittelijoilta enemmän panostusta, koska konfiguraattoriin tulevien nimikkeiden yhteensopivuus tulisi varmistaa paremmin ja moduulit tulisi valita siten, että yksittäinen moduuli sopisi mahdollisimman moneen erilaiseen kombinaatioon.

Konfiguraattorin käytöllä pyritään poistamaan tilaus-toimitusprosessin aikainen tuotesuunnitteluvaihe. Hydroline Oy:llä suunnitellaan kuitenkin sylinteriputket ja männänvarret aina tilauskohtaisesti, koska näin hydraulisylinterin pituudesta ja iskupituudesta saadaan juuri oikean mittainen asiakkaan tarpeisiin. Sylinteriputkea ja männänvartta ei voitu siis lisätä konfiguraattoriin. Tilauskohtainen suunnitteluvaihe saataisiin sylinteriputken ja männänvarren kohdalta poistettua, jos konfiguraattoriin lisättäisiin vapaa kenttä, johon voidaan syöttää siltä vaadittu asennusmitta ja iskupituus. Konfiguraattori voisi laskea valituilla moduuleilla aikaansaattavan minimiasennuspituuden summaamalla kaikkien siihen vaikuttavien moduulien pituudet. Asennusmittaan vaikuttavat yksinkertaistettuna ohjaimen pituus, männän pituus, silmän pituus otsapinnasta laakeritilan keskelle sekä ohjaimen pituus otsapinnasta laakeritilan keskelle. Konfiguraattorilla voitaisiin myös määritellä sylinteriputkeen ja männänvarteen tulevien kierteiden ja olakkeiden koko, sijainti ja muoto muiden valittujen moduulien perusteella. Näillä tiedoilla saataisiin periaatteessa piirustukset sekä männänvarrelle, että sylinteriputkelle ja niiden erikseen suunnittelusta voitaisiin parhaimmassa tapauksessa luopua.

Käyttöliittymään voitaisiin lisätä myös laskuri, johon syötetään sylinteriltä vaaditut voimat ja rasituksenkestot. Laskurilla voitaisiin laskea annettujen tietojen perusteella hydraulisylinteriltä vaadittu kokoluokka, jota konfiguraattori ehdottaisi käytettäväksi.

Aikaansaadulla konfiguraattorilla voidaan rakentaa halutun kokoinen hydraulisylinteri, mutta kaikki rakennettavissa olevat variaatiot ovat toiminnallisuuksia ajatellen lähes samanlaisia. Jos konfiguraattoria ei hyödynnetä myös toiminnallisuuksien hallitsemisessa, niin konfiguraattorin vaihtoehdoksi voisi harkita tuoteperheen kehittämistä, jolla pystyttäisiin tarjoamaan lähes samat tuotevariaatiot kuin konfiguraattorilla. Valittavana voisi olla esimerkiksi ainoastaan sylinterin kokoluokka, pituus ja iskupituus, jolloin tuotekohtainen suunnittelu täytyisi tehdä ainoastaan sylinteriputkelle ja männänvarrelle. Jokaisen kokoluokan tarpeisiin olisi tällöin käytettävissä ainoastaan yksi vaihtoehto kutakin moduulia.

7 YHTEENVETO

Aikaansaatu testikonfiguratorin todistaa, että Hydrolin Oy:llä on moduloinnin kannalta tarvittavat lähtökohdat konfiguraattorin kehittämiseen. Lisäksi Hydrolin Oy:llä on tuotteen rakenteen vuoksi hyvät edellytykset kehittää moduulointia ja standardisointia edelleen, jolloin moduulien lisääminen ja säännösten muokkaus sekä ylläpito voisi olla entistä helpompaa. Lisäksi henkilökunnalla tuntui olevan tarvittavaa mielenkiintoa asiaa kohtaan.

Konfiguraattorin säännösten tekemisessä haasteena on arvioida moduulien yhteensopivuus. Konfiguraattorin testiversioon syötettyjen moduulien yhteensopivuus on arvioitu lähes pelkästään nimike-listassa olevien piirteiden perusteella. Piirteistä pystyy arvioimaan yhteensopivuuden ainakin kiinnitysmenetelmien osalta, mutta yhteensopivuuteen voi vaikuttaa muutkin asiat. Säännösten tekijä ei pysty siis käyttämään ilmoitettuja piirteitä luotettavina rajapintoina.

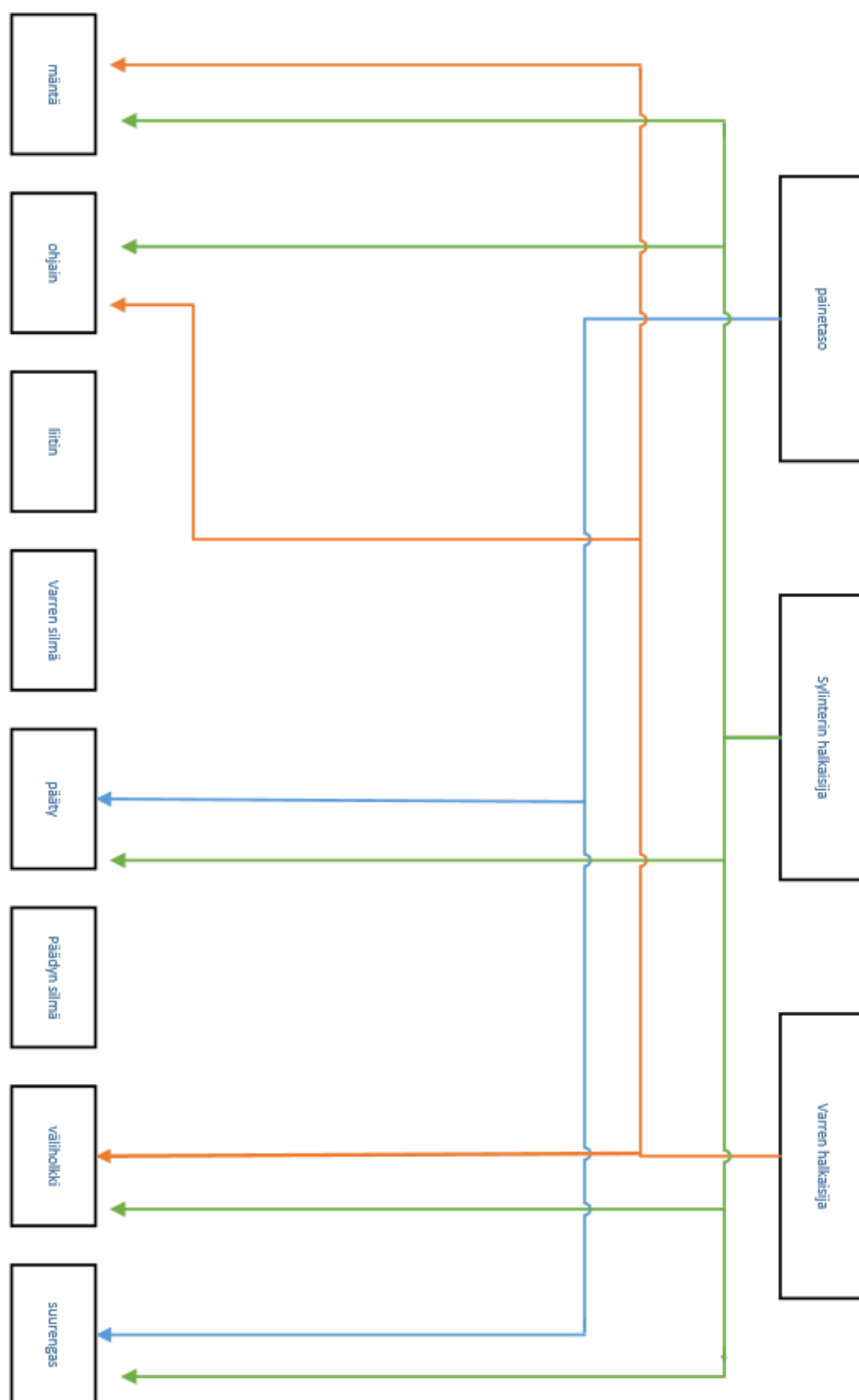
Kattavamman konfiguraattorin aikaansaamiseksi säännösten tekijän tulisi tietää Hydrolin Oy:n nimikkeistöstä ja sylintereistä paljon, koska sopivuuksien ja mahdollisten rajoitusten arviointi luotettavasti pelkästään piirre-Excelin perusteella on mahdotonta. Säännösten tekijällä täytyisi olla käytettävissään moduulien piirustukset ja tietoa moduulien valintaperusteista.

Aikaansaatu konfiguraattori toimii hyvänä pohjana mahdollista parempaa konfiguraattoria kehitettäessä. Kattavampaa konfiguraattoria tehdessä voisi kartoittaa vaadittavat ominaisuusvalinnat uudelleen ottaen huomioon, ettei konfiguraattorin käyttäjä ole välttämättä hydraulisylinterien suunnittelija.

LÄHTEET

- Ahonniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P., Ruohonen, M. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy
- Bongulielmi, L. 2004. The K- & V-Matrix. [verkkojulkaisu][Viitattu 19.11.2014] saatavissa: http://www.coma.imes.ethz.ch/index_e.htm
- FIRA Oy. Yrityksen www-sivut [viitattu 4.12.2014] Saatavissa: http://www.fira.fi/assets/References/33/_resampled/SetWidth835-Hydroline-teollisuusrakennus.jpg
- Halme, J. 2012 Global Supply Chain Management and Performance Measurement. [verkkojulkaisu] [viitattu 4.12.2014] Saatavissa: https://leka-han-ke.wikispaces.com/file/view/LEKA_Global%20supply%20chain%20mangement%20and%20performance%20measurment_JH.pdf/358090173/LEKA_Global%20supply%20chain%20mangement%20and%20performance%20measurment_JH.pdf
- Hankeaika. Mitä projekteissa touhutaan? [verkkojulkaisu][Viitattu 16.11.2014] Saatavissa: <http://hankeaika.no-ip.info/istunnot/2014/2350-palveluliiketoiminnan-kehittaminen-konepajan-toimintaymparistossa-palkeet>
- Harju, P. K. J. 1999. Kvalitatiivinen kyvykkyys – massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät. Helsinki: Tietosanoma Oy.
- Huttunen, T. 2012. Nimikkeistön yhtenäistäminen ja standardisointi. Savonia-ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala Kuopio, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [verkkodokumentti][viitattu 4.12.2014] Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42701/Huttunen_Toni.pdf?sequence=1
- Hydroline Oy 2014. a.Henkilöstö [sähköpostiviesti]
- Hydroline Oy 2014. b. Henkilöstö [haastattelu]
- Korhonen, E., Havumäki, M. 1991. Hydrauliiikan komponenttien oppi- ja käsikirja. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.
- Nummela, J. 2006. Integrated Configuration Knowledge Management by Configuration Matrices – A Framework for Representing Configuration Knowledge. Tampereen teknillinen yliopisto. Tohtorin väitöskirja. [verkkodokumentti][viitattu 16.11.2014] Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/209/nummela.pdf?sequence=1>
- Sarinko, K. 1999. Asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteiden massaräätälöinti, konfigurointi ja moduulointi. Helsingin teknillinen korkeakoulu Konetekniikan osasto. Diplomityö. [verkkodokumentti][viitattu 4.12.2014] Saatavissa: <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/papers/Sari99Mas.pdf>
- Tiihonen, J. & Soininen, T. 1997. Product Configurators – Information System Support for Configurable products. Helsingin yliopisto. [verkkodokumentti][viitattu 4.12.2014] Saatavissa: <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/config/celsart.pdf>

LIITE 1: MODUULIEN JA ENSIMMÄISTEN OMINAISUUSVALINTOJEN RIIPPUVAISUUDET



LIITE 2: SÄÄNNÖSTÖN TOIMINTAA HAVAINNOLLISTAVA KUVA 1

Tässä sarakkeessa ilmoitetaan, mihin ominaisuuskategoriaan tai moduulkategoriaan kyseinen rivi kuuluu

KONF info

Mo KONF n

KONF Ryhm

Harmalla pohjalla ominaisuudet (käyttöliitymässä näkyvät kentät)
V = Valittu ominaisuus (vain valinta sarakkeessa ominaisuuskilja)
X = Yhteensopivuuden rajoitus
1 = Automaattinen moduulin valint

100-210Bar	210-300Bar	50	63	80	100	25	30	32	40	50	63	ei	kyllä	1	2	3	4	Mäntä 1FMGMÄ12	Mäntä 1NOMMÄ13	Mäntä 1NOÄMÄ01	Mäntä 1HYDMÄ32	Mäntä 1SISMÄ33	Mäntä 1FMGMÄ66	Mäntä 1FMGMÄ71	Mäntä 1ROTMÄ001	Mäntä 1FMGMÄ35	Mäntä 1TÄMMÄ68	Mäntä 1FMGMÄ13	Mäntä 1NUMMÄ03
------------	------------	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	-------	---	---	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

PAINETASO

1

100-210Bar
210-300Bar

Sylinteriputken sisäthak aistia

2

50

Sylinteriputken sisäthak aistia

2

63

Sylinteriputken sisäthak aistia

2

80

Sylinteriputken sisäthak aistia

2

100

männänvarren halk aistia

3

25

männänvarren halk aistia

3

30

männänvarren halk aistia

3

32

männänvarren halk aistia

3

40

männänvarren halk aistia

3

50

männänvarren halk aistia

3

63

männän tukinauholejen määrä

4

ei

männän tukinauholejen määrä

4

kyllä

männän tukinauholejen määrä

4

1

männän tukinauholejen määrä

4

2

männän tukinauholejen määrä

4

3

männän tukinauholejen määrä

4

4

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ12

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1NOMMÄ13

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1NOÄMÄ01

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1HYDMÄ32

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1SISMÄ33

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ66

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ71

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1ROTMÄ001

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ35

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1TÄMMÄ68

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ13

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1NUMMÄ03

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1NUMMÄ34

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1NUMMÄ02

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ09

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1SISMÄ31

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ18

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1FMGMÄ07

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1BFOGMÄ14

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1HYDMÄ35

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1PATMÄ08

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1MDMMÄ002

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1MDMMÄ12

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

MÄNNÄT VALINTA

5

Mäntä 1VA TMÄ04

LIITE 3: SÄÄNNÖSTÖN TOIMINTAA HAVAINNOLLISTAVA KUVA 2

Lippuvaru													Liput											Muunnokset													Muunnokset													
AG2555																																																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O																																				
2542	250										*	17	TTAMVÄ91																																					
2543	70										*	17	TTAMVÄ92																																					
2544	30										*	17	TTAMVÄ95																																					
2545	140										*	17	TTAMVÄ01																																					
2546	25											17	2PROCVÄ07																																					
2547	105											17	2PROCVÄ10																																					
2548	235											17	2PROCVÄ11																																					
2549	117												1BROVÄ08																																					
2550	140												1BROVÄ10																																					
2551	185												1BROVÄ106																																					
2552	195												1BROVÄ13																																					
2553	123												1BROVÄ13																																					
2554	423												1BROVÄ14																																					
2555	107												1BROVÄ14																																					
2556	15												1BROVÄ14																																					
2557	14												1BROVÄ14																																					
2558	10												1BROVÄ14																																					
2559	22												1BROVÄ14																																					
2560	229												1BROVÄ14																																					
2561	17												1BROVÄ14																																					
2562	32												1BROVÄ14																																					
2563	22												1BROVÄ14																																					
2564	27												1BROVÄ14																																					
2565	54												1BROVÄ14																																					
2566	125												1BROVÄ14																																					
2567	250												1BROVÄ14																																					
2568	30												1BROVÄ14																																					
2569	15												1BROVÄ14																																					
2570	95												1BROVÄ14																																					
2571	195												1BROVÄ14																																					
2572	250												1BROVÄ14																																					
2573	319												1BROVÄ14																																					
2574	150												1BROVÄ14																																					
2575	274,5												1BROVÄ14																																					
2576	180												1BROVÄ14																																					
2577	35												1BROVÄ14																																					
2578	180												1BROVÄ14																																					
2579	200												1BROVÄ14																																					
2580	100												1BROVÄ14																																					
2581	65												1BROVÄ14																																					
2582	64												1BROVÄ14																																					
2583	13												1BROVÄ14																																					

Sarakkeilla A, B ja C on moduulikohtaista tietoa, jota konfiguraattori tuo käyttöliittymään tuoterakenteeseen ja hintalaskuriin. Sarake A kertoo moduulin nimekkoodin, sarake B kertoo moduulin pituuden (ainoastaan syinterin asennuspuuteen vaikuttavat mitat) ja sarake C kertoo moduulin hinnan. Sarake J kertoo, että kyse on väliloikeista.

LIITE 4: KONFIGURAATTORIIN SYÖTETYT MODUULIT JA OMINAISUUSVALINNAT

Konfiguraattorin käyttöliittymässä olevista ominaisuusvalinnoista kolme ensimmäistä vaikuttavat useaan eri moduuliryhmään rajaten tulevia ominaisuus- ja moduulivalintavaihtoehtoja. Loput ominaisuusvalinnat vaikuttavat ainoastaan niiden alla oleviin moduuliryhmiin. Kolme ensimmäistä ominaisuusvalintaa ovat:

- painetaso
- sylinterin sisähalkaisija
- männänvarren halkaisija.

Moduuliryhmät ominaisuusvalintoineen:

Männät

- 50, 63, 80 ja 100mm sylinteriputkille

Ohjaimet

- 50, 63, 80 ja 100mm sylinteriputkille
- 25, 30, 35, 40, 50 ja 63mm männänvarsille

Liittimet

- R1/8", R1/4", R3/8", R1/2", R3/4", R1" ja R 1 1/4" kierteillä
- 0° ja 90° kulmilla

Silmät (männänvarressa ja hitsattavissa päädyissä käytetään samoja silmiä)

- 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ja 110mm tappikoko
- Rasvanipalla vai ilman

Päädyt

- 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ja 110mm tappikoko
- Rasvanipalla vai ilman
- Kiinteä vai hitsattava

Väliholkit

- Pituus

Suurenkaat

- Ei rajaavia kysymyksiä